

무선 메쉬 네트워크에서 유전 알고리즘을 이용한 라우팅 메트릭 기법*

윤창표*, 신호영**, 유황빈*

요 약

무선 메쉬 네트워크 기술은 유선과 유사한 전송속도를 갖는 무선망을 구축하는 기술을 의미하며, 유선 네트워크와 비교하여 보다 효율적인 망 구축의 편의성 및 유연성을 제공한다. 이러한 무선 메쉬 네트워크는 라우터 노드의 이동성이 적고 에너지 영향에도 제약이 적게 따른다는 특징을 갖고 있다. 그러나 다양한 종류의 네트워크로 구성되는 특징으로 인해서 다중 경로의 설정 및 선택 시에 발생할 수 있는 시스템 오버헤드 등 고려되어야 하는 사항들이 많다. 그러므로 이러한 네트워크 특성에 맞는 경로 설정 기술이 반영되는 네트워크의 설계 및 최적화에 주목할 필요가 있다. 본 논문에서는 다중 경로 설정 시 발생 할 수 있는 문제에 효과적으로 대응하기 위해 라우터 노드의 트래픽 상황에 따른 데이터 손실률과 대역폭 및 링크의 홉수를 평가 요소로 활용하여 유전 알고리즘을 통한 동적 경로 설정에 대한 해결 방법으로 무선 메쉬 네트워크의 라우팅 메트릭 기법을 제안한다.

Using Genetic Algorithms for Routing Metric in Wireless Mesh Network

Chang-Pyo Yoon*, Hyo-Young Shin**, Hwang-Bin Ryou*

ABSTRACT

Wireless mesh network technology with transmission speeds similar to wired and wireless technology means to build, compared with wired networks, building a more efficient network to provide convenience and flexibility. The wireless mesh network router nodes in the energy impact of the mobility is less constrained and has fewer features entail. However, the characteristics of various kinds due to network configuration settings and the choice of multiple paths that can occur when the system overhead and there are many details that must be considered. Therefore, according to the characteristics of these network routing technology that is reflected in the design and optimization of the network is worth noting. In this paper, a multi-path setting can be raised in order to respond effectively to the problem of the router node data loss and bandwidth according to traffic conditions and links to elements of the hop count evaluation by using a genetic algorithm as a workaround for dynamic routing the routing metric for wireless mesh network scheme is proposed.

Keywords-Genetic algorithm; Wireless Mesh Network; Routing Protocol; Routing Metric;

접수일(2011년 3월 8일), 수정일(1차: 2011년 3월 18일),
게재확정일(2011년 3월 21일)

★ 2009년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 광운대학교 컴퓨터과학과
** 경북대학 컴퓨터정보과

1. 서 론

최근 무선 통신 기술의 발달로 무선 네트워크를 백본(backbone) 네트워크로 사용하는 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Networks)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2]. 무선 메쉬 네트워크는 메쉬 라우터(Mesh Router)와 메쉬 클라이언트(Mesh Client)라는 두 가지 형태의 노드로 구성되어 있으며, 메쉬 라우터는 서로 다른 네트워크를 연결할 수 있는 브리지의 역할과 인터넷 연결을 제공하는 게이트웨이 역할을 하며 무선 메쉬 라우터를 통해 무선 백본을 구성하여 메쉬 클라이언트들에게 서비스를 제공한다. 이러한 무선 메쉬 라우터는 이동성이 적고, 전력 영향에도 제약이 적게 따른다는 특징을 갖고 있다. 무선 메쉬 라우터로부터 서비스를 제공 받는 메쉬 클라이언트는 고정적이거나 이동이 가능한 무선 단말을 말한다[1].

무선 메쉬 네트워크는 메쉬 노드들 간의 데이터 흐름이 많고 데이터 전달 과정에서 QoS를 만족시키기 위해서는 데이터를 전송하는 경로 선택에 있어 성능이 좋은 경로를 찾아야 한다[3][4]. 이러한 경로는 메쉬 노드 간에 연결되어 있는 링크로 구성되어 있다. 따라서 기존 이동 Ad-hoc 네트워크에서 제안된 라우팅 프로토콜과는 다른 새로운 라우팅 프로토콜이 필요하다.

본 논문에서 접근한 유전 알고리즘은 상대적으로 적은 연산 시간 동안 복잡한 문제를 풀 수 있다는 데 그 장점을 찾을 수 있다[5][6]. 이러한 유전 알고리즘은 무선 메쉬 네트워크의 설계와 최적화를 위한 적절한 해법을 제공하고 있다. 따라서 무선 메쉬 네트워크에서 최적의 라우팅 경로를 설정하는 적절한 해를 찾기 위해 유전 알고리즘을 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 무선 메쉬 네트워크의 동작 과정과 유전 알고리즘에 대하여 설명하고 이어서 3장에서 본 논문에서 해결하고자 하는 문제와 해결 방법으로서의 제안 기법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 제안모델에 대한 성능 평가 결과를 보이고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 무선 메쉬 네트워크 및

유전 알고리즘

2.1 라우팅 프로토콜

메쉬 라우터들은 무선 메쉬 네트워크의 핵심을 이루게 된다. 또한 각 메쉬 노드들은 하나 이상의 홉을 거쳐 도착한 데이터들을 무선 전송이 가능한 범위 내에서 이웃 라우터나 클라이언트에게 전달하게 되며, 다중 홉 라우팅(multi-hop routing)을 함으로써, 현재의 무선 랜이 커버하는 범위보다 범위가 넓어지게 된다.

Proactive 방식의 라우팅 방법들 중 Hop-by-hop 라우팅 방법은 전체 노드들은 다음 홉의 정보를 모두 가지고 있으며, 중간 노드는 헤더의 목적지 정보를 참조하여 자신의 라우팅 정보를 통해 다음 홉으로 프레임 전달하게 된다. 이러한 방법은 네트워크의 오버헤드가 적게 발생하므로, 무선 메쉬 네트워크에 적합한 라우팅 방법이 된다.

최근 대부분의 연구는 기존의 경로 설정 방법에서 네트워크 성능을 최대화하기 위해서 로드 밸런싱 기법을 이용하여 경로에 대한 신뢰성을 높여주는 다중 경로 설정 방법에 대한 연구를 진행하고 있으며, 최대 전송률을 얻을 수 있는 경로를 찾아 최적의 링크 품질을 반영하는 메트릭을 설계하는 것에 초점이 맞춰져 있다.

2.2 로드 밸런싱

라우팅 프로토콜에서는 가장 효율적인 경로를 선택하기 위해 다양한 메트릭이 이용된다.

네트워크의 모든 노드들이 좋은 링크들로만 구성된 경로를 선택하여 데이터를 전송한다면 대부분의 노드들은 중복된 경로를 통해서 데이터를 전송하게 되며, 이 경로에 많은 부하가 발생하여 네트워크의 전체적인 성능저하로 이어지게 된다. 이러한 성능 저하를 피하기 위해서 QoS-aware 라우팅 프로토콜과 같은 로드 밸런싱 프로토콜이 제안되었다.

QoS-aware 라우팅 프로토콜의 라우팅 기준은 최단 거리가 아닌 전체 네트워크의 성능향상을 목적으로 하며 프로토콜에는 DLAR(Dynamic Load-Aware Routing), LBAR(Load-Balanced

Ad-hoc Routing), LSR(Load-Sensitive Routing) 등이 있다. 하지만 이러한 로드 밸런싱 프로토콜들은 라우팅 테이블에 기존 경로 설정 정보를 유지시키는 캐시 메커니즘을 사용하지 않고 노드의 인터페이스 큐에 있는 패킷의 개수를 계산하거나 이웃 노드를 통과하는 경로의 개수를 로드 정보로 활용하는 등 대부분 노드의 인터페이스 큐에 있는 정보를 활용하고 있다. 그러나 로드 밸런싱 프로토콜들을 사용하게 되면 실시간으로 변화하는 주변의 다른 노드의 로드 정보 즉, 다중경로의 경로 변화 시 노드의 상태를 종합적으로 고려하지 못하게 된다. 이러한 로드 성능 극복을 위해서 본 논문에서는 경로 선택을 위한 서비스 평가와 유전 알고리즘의 연산을 이용하여 경로를 설정하도록 하는 동적 경로 설정 알고리즘을 제안한다.

2.3 유전 알고리즘

유전 알고리즘의 연산들 중 선택(Selection) 연산은 교차(Crossover) 연산을 위해 해집단(Population)에서 임의의 해(Chromosome)를 선택하는 연산이며 선택 연산에서 우수한 해에게 선택될 확률을 높여 주도록 한다. 교차 연산은 두 개의 부모 해(Parent Chromosome)들로부터 우수한 자식 해(Offspring) 하나를 만들어 내는 연산을 말하며, 이러한 교차 연산은 유전 알고리즘의 대표적인 연산으로서 유전 알고리즘의 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 또한, 변이(Mutation) 연산은 해를 임의로 변형시키는 연산을 말하며, 교차 연산이 두 부모 해에 있는 속성들을 부분적으로 이용하는 역할을 하는 반면, 변이 연산은 부모 해에 없는 속성을 도입하여 해의 다양성을 높이는 역할을 한다. 따라서 교차와 변이 연산을 같이 사용하여 새롭게 생성된 개별 해를 만들게 된다 [5][6][7].

본 논문에서는 무선 메시 네트워크에서 최적의 라우팅 경로를 설정하는데 유전 알고리즘을 이용하였다. 동적 경로 설정을 위해 제안하는 유전 알고리즘에서는 최적의 해를 찾는 평가 방법으로 노드의 서비스 평가 값과 연결 노드들 간의 상태 정보 값 및 네트워크 구성 상태의 종합적인 평가 값을 활용하여 링크의 성능을 고려한 최적의 해, 즉 무선 메시 네트워크

를 위한 최적의 경로를 선택하는 방법으로 활용하였다.

3. 제안하는 경로설정 방법 및 노드의 서비스 평가

3.1 노드의 서비스 평가 요소

무선 메시 네트워크에서 각 메시 노드들은 하나 이상의 홉을 거쳐 온 데이터들을 무선 전송이 가능한 범위 내에서 이웃 라우터나 클라이언트에게로 전달하게 된다. 또한 무선 메시 노드들은 데이터를 외부로 보내기 위해서는 반드시 게이트웨이를 통해 데이터를 전달하게 된다. 이 과정에서 다양한 메시지들이 발생하게 된다. <표 1>에 나타난 정보들은 각 메시 노드들의 서비스 이용으로 발생하는 정보들을 사용하여 전체 트래픽에 대한 손실률로 사용된다.

<표 2>의 게이트웨이 광고 메시지에서 사용되는 요소 정보와 그 응용으로 만들어진 정보를 사용하여 노드의 서비스 평가 요소로 사용하게 된다.

<표 1> 서비스 이용으로 발생하는 정보

정보	내용
Traffic Volume	메시 노드가 생성한 데이터 량
Relay Traffic Volume	이웃 노드들로부터 데이터를 받아 전달한 트래픽 량
Packet Error Rate	링크 채널의 오류율

<표 2> 게이트웨이 광고 메시지 활용 정보

정보	내용
Hop Count	게이트웨이 전달경로의 홉 카운트
Path Bandwidth	게이트웨이 까지 경로의 최대 대역폭
Loop Info	최단 경로가 아닌 경로 선회 정보

3.2 노드의 서비스 평가 방법

앞서 정의한 평가 요소를 바탕으로 노드에 대한 서비스 평가 방법을 제시한다. 이 평가 방법에 따른 결과 값은 유전 연산의 최적해 평가를 위한 적합도

평가 함수(Fitness Function)의 판별 값으로 사용 되었다.

노드의 평가 방법은 Hop Count와 Bandwidth 그리고 Traffic 및 Packet Error Rate(PER)의 4 가지를 기준으로 각각이 계산 된다.

첫째, 홉의 평가 값(HE)은 평가 요소 중 홉 수에 해당하는 평가 가중치 α 를 다음 홉수를 현재의 홉수로 나눈 값에 곱하여 홉수에 대한 가중치 적용 평가 값을 얻게 된다. 둘째, 대역폭에 대한 평가 값(BE)은 경로의 대역폭을 최대 대역폭으로 나눈 값에 대역폭에 대한 평가 가중치 β 를 가중하여 얻게 되고 세 번째, 트래픽에 대한 평가 값(TE)은 트래픽 량과 전달 트래픽 량의 계산에 자신의 트래픽 값 또는 단순히 중계되는 트래픽을 구분하기 위한 평가 가중치 r 값을 적용 하게 된다. 마지막으로 패킷에 대한 손실을 평가 값에 적용하기 위해 패킷 에러율에 대한 평가(PE)는 패킷 에러율에 대한 평가 가중치를 패킷 에러율에 적용하여 사용하게 된다. 이렇게 계산되는 평가 값들은 노드의 서비스 평가 값(c)으로 다음과 같이 그 합으로 계산된다.

$$x = HE + BE + TE + PE, 0 \leq x \leq 1$$

위에서 사용된 가중치 값은 0에서 1사이의 값으로 표시되며 노드의 가중치 총합은 1이 된다. 4 가지 평가 항목에 대한 가중치의 정의는 실험을 통해 얻어진 최적의 값을 의미하며 <표 3>에 각각의 가중치 값을 나타내었다.

<표 3> 평가 가중치

평가 요소	표시기호	가중치(0~1)
Hop Count	α	0.1
Path Bandwidth	β	0.2
Traffic(Own / Relay)	r	0.4
Packet Error Rate	δ	0.3

전체 라우팅 품질에서 높은 우선순위를 갖는 평가 요소들에 높은 가중치를 부여하였으며, 이러한 가중치 값은 보다 세밀한 평가 결과를 얻기 위해 10단계의 값으로 표시되어 사용된다.

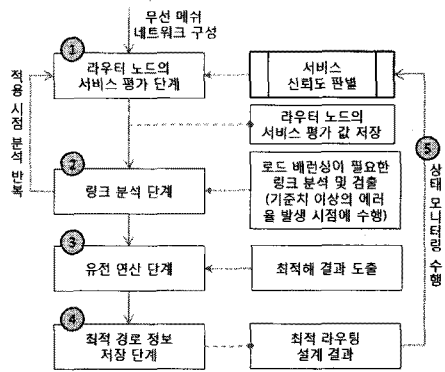
HE평가의 가중치는 효율적인 데이터 전달을 위해 링크가 루프를 발생 시키더라도 최적 링크의 로드 밸런싱을 위해 적은 범위에서의 루프를 허용하도록 가

중치 값 0.1을 적용 하였다. BE평가와 TE평가 그리고 PE평가의 각각의 가중치들은 HE와 같이 적합한 가중치를 갖게 된다.

3.3 로드를 고려한 동적 라우팅

무선 메쉬 네트워크 환경에서 라우터는 망 구성 정보 외에 링크 상태 정보를 기반으로 라우팅 경로를 설정한다. 따라서 라우터가 정확한 링크 상태를 파악하는 것은 최적의 라우팅 경로를 설정하는데 있어 매우 중요하다.

로드를 고려한 동적 라우팅 설계의 전체적인 동작 과정은 (그림 3)의 단계를 유기적으로 반복된다.



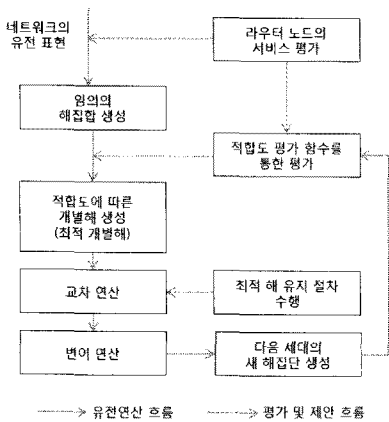
(그림 3) 동적 라우팅 설계 흐름도

3.4 유전 알고리즘

본 논문의 목표는 무선 메쉬 네트워크에서 링크의 로드를 고려한 라우팅 경로 최적화를 지원하는 것이다.

만약 3.2절에서의 노드의 서비스 평가 값을 사용하여 단일 홉 선택 방식으로 주변 노드의 평가 값이 제일 높은 노드만을 선택하여 라우팅을 구성한다면, 전체적인 라우팅 경로가 최적의 링크 성능을 유지한다고 할 수 없으며, 오히려 데이터 편중이 발생하여 단일 홉 평가 라우팅으로 인한 전체 네트워크의 품질 저하가 발생된다. 따라서 다중 홉 라우팅 경로 설정을 고려하기 위해서는 본 논문에서 제안하는 유전 알고리즘 연산을 통해 링크 경로 전체의 평가 값이 최대화 될 수 있는 경로를 선택하여야 한다. 이때 가장

우선시 되어야 하는 것은 상대적으로 적은 연산 시간에 최적의 결과를 얻을 수 있도록 하는 것이다. 따라서 본 논문은 유전 알고리즘의 대체(Replacement) 작업에 매 세대에 하나의 해만을 교체하는 Steady-State-GA 방식을 사용하였으며 이는 부모해 중 가장 성능이 낮은 해를 선택하여 대체되며 빠른 수렴을 보장하여 문제의 해결 방법을 제안한다. (그림 4)에 나타난 연산과정은 하나의 개별 해에 100 세대를 진화 연산을 통해 보다 최적화된 적합도를 갖는 최적 해를 찾도록 했다.



(그림 4) 제안 기법에 따른 유전 연산 흐름도

3.4.1 유전 표현

무선 메쉬 네트워크 상태를 유전 표현식으로 나타내어 유전 연산을 수행할 수 있도록 준비를 하게 되는데 유전 표현식으로 나타낸 임의의 해 집합들을 생성하는 것으로 유전 연산을 위한 초기화를 하게 된다. 이와 같이 초기화된 임의의 해 집합은 제안하는 최적해 평가 방법인 적합도 평가 함수(Fitness Function)를 거쳐 적합도가 높은 순서대로 각 개별 해들을 정렬하게 된다. 이때 상대적으로 적은 연산시간에 수렴된 값을 얻기 위해서 최상의 적합도를 갖는 개별 해들이 다음 세대에 유지될 수 있도록 했다.[2] 이때 최상의 적합도에 해당하는 개별 해는 노드의 서비스 평가 값을 반영한 결과를 내포하고 있다.

3.4.2 적합도 평가

최적해의 평가 부분은 본 논문의 유전 알고리즘 수행에 따른 최적 라우팅 경로 설정을 위한 중요 단계이다. 적합도 값을 기반으로 유전 알고리즘은 새로운 해집단에 포함되는 개별 해들을 결정하게 되는데 이는 유전자(Gene)의 평가 값에 비례하며 최적의 유전자 값으로 부분 복사되는 것을 허락하게 된다. 무선 메쉬 네트워크의 적합도는 노드의 서비스 평가 값을 사용하여 링크의 낮은 에러율과 높은 대역폭 그리고 과중한 로드를 고려한 최적의 성능을 얻을 수 있는 최대값을 얻을 수 있도록 평가 과정을 수행한다. 이러한 평가는 3.2절에서 언급한 노드의 서비스 평가 값을 적합도 평가 값으로 누적하여 최적해의 적합도로 평가되었다.

4. 성능 분석

이번 장에서는 본 논문에서 제안한 노드의 서비스 평가 방법과 무선 메쉬 네트워크의 네트워크의 데이터 처리량을 이용해서 최적 해를 찾는 방법을 NS-2(Network Simulator)와 유전 연산을 실험하기 위해 직접 구현한 시뮬레이션 프로그램으로 얻은 결과 값을 보인다.

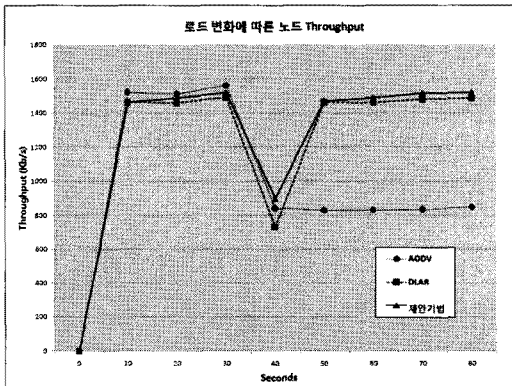
무선 메쉬 네트워크의 동적 라우팅 프로토콜의 설계를 위한 유전 알고리즘의 성능은 유전 연산자의 품질과 적합도 그리고 기능의 유효성 및 다른 파라미터 (예 : 평가 가중치)의 상호작용에 따라 전체적인 품질의 영향을 받게 되었다.

<표 4>에는 유전 알고리즘 및 무선 메쉬 네트워크의 시뮬레이션에 적용된 환경 변수를 나타내었다.

최적의 적합도를 만족하는 해를 구성해 나가는 것은 진화를 거듭하는 동안 최적화 상태로 접어들게 된다. 이때 급격한 진화의 감속이 이루어지는데 그 이유는 유사한 해의 재생산 또는 같은 유전자들이 보다 좋은 적합도를 따르기 때문에 개별해의 유사성에 따른 결과로 나타나며 100번의 세대 동안 낮은 적합도를 띄는 해가 새로운 세대와 상호 연관되어 높은 적합도를 이루어 가며 안정화 되는 것을 의미한다.

<표 4> 유전 알고리즘 시뮬레이션 환경 변수

환경 변수	값
ChromosomeLength	10, 20, 30
Population Size	10 X chromosome Length
# Generation	100
selection	Tournament Selection
Crossover	1 Point Crossover
Mutation	Typical genewise mutation
Mutation rate	0.005(=50/1000)



(그림 5) 네트워크 처리량의 변화

유전 연산에 필요한 시간은 <표 4>에서 성능 분석에 이용한 염색체 길이 30인 경우 평균 172ms가 소요되었으며 염색체 길이가 10인 경우 평균 117ms가 소요되었음을 확인하였다. 이는 상대적으로 적은 연산 시간이 소요되었음을 알 수 있다.

성능분석에서는 Ad-hoc 환경에서 대표적인 라우팅 프로토콜인 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)와 로드정보를 고려한 경로를 설정하는 DLAR과 제안하는 동적 라우팅 프로토콜을 비교 실험 하였으며, 노드에서 게이트웨이 까지 데이터를 전송하는 방식으로 네트워크의 처리량을 확인하여 3가지 라우팅 프로토콜에 대한 실험 결과를 (그림 5)에 나타내었다. <표 4>에 나타낸 Chromosome Length는 전체 네트워크의 노드 수를 말하며 다양한 노드 수의 환경에서 네트워크 로드를 발생할 경로는

노드 N이 게이트웨이로 데이터를 전송하는 시나리오이다. 이때 1000byte 크기의 패킷이 초당 200패킷이 생성되어 해당 경로에 로드가 발생하는 상황이 되며 제안하는 로드를 고려한 동적 라우팅 프로토콜과 AODV 및 DLAR의 경로 설정 방식이 수행된다. 실험은 5번 수행 하여 평균값을 나타내었다. 네트워크의 로드가 발생하지 않는 경우에는 3가지 방식에서 모두 성능의 유사함을 확인할 수 있다. 실험 시작 30초 후부터 해당 라우팅 경로에 로드가 걸릴 경우 40초에서 처리량은 급격히 하락한다. 이때 AODV의 경우는 경로 재구성을 위해 로드 변화에 적응하는 과정을 수행하기 때문에 처리량의 회복이 어려운 것을 확인할 수 있다. 그러나 제안하는 동적 라우팅 프로토콜과 DLAR은 로드 변화에 대해 경로 설정을 수행하게 되어 기존의 전송속도까지 회복하게 된다. 또한, 제안하는 동적 라우팅 프로토콜의 경우 로드 변화에 보다 신속히 반응하여 대응하고 완만한 처리량의 회복을 확인할 수 있다. 즉 제안하는 라우팅 프로토콜의 경우 처리량의 빠른 복구 능력을 확인할 수 있다. 이는 노드의 서비스 평가 값을 사용하여 유전 연산을 수행하는 과정에서 빠른 경로 설정이 가능하기 때문이며 그 결과 네트워크 처리량의 빠른 회복력으로 그 결과를 확인할 수 있으며 노드의 서비스 평가 값을 통한 유전 연산의 빠른 개입에 따른 결과를 나타내고 있다.

5. 결 론

본 논문은 노드의 서비스 평가 값과 같은 무선 매쉬 네트워크의 상태 정보 값을 유전 알고리즘의 적합도 평가 함수에 적용하였으며, 무선 매쉬 네트워크에서 데이터 손실율과 네트워크 대역폭을 고려하고 더불어 링크의 로드를 고려한 동적인 라우팅 경로 설정을 통해 전체 네트워크의 처리량 향상에 따른 네트워크 오버헤드 감소를 목표로 제안되었다. 이를 위해 기판 기술의 소개와 각 기술의 알고리즘 및 적용된 제안 방법의 기능과 역할에 대해서 정의하였고, 이에

다른 설계를 바탕으로 유전 알고리즘 시뮬레이션 시스템을 구현하여 실험하였다.

기반 기술로는 무선 메쉬 네트워크의 다중 경로 설정 방법 그리고 유전 알고리즘의 연산 기술에 대해 소개하였으며, 특히 유전 알고리즘의 적합도 평가에 따른 무선 메쉬 네트워크 설계 및 네트워크 최적화에 대해 기술하였다. 기존의 무선 메쉬 네트워크의 라우팅 및 데이터 처리 최적화 방법에 노드의 서비스 평가와 전체 네트워크의 원활한 데이터 처리를 위해 다중 홉에 대한 노드 선택을 고려하였으며, 보다 적은 연산 시간에 신뢰할 수 있는 네트워크 라우팅 경로를 설정하는 과정을 검증해 보았다. 그 결과 본 논문에서 제안하는 무선 메쉬 네트워크의 라우팅 경로 설정을 통해 전체 네트워크의 데이터 처리량이 증대되었으며, 노드의 손실률이 감소되었고 이에 따라 네트워크의 효율적 운영을 확인해 보았다.

제안된 방법을 통해 설계된 시뮬레이션 검증 프로그램은 기존 네트워크 시뮬레이션인 NS-2 및 추가적인 시뮬레이션 환경 개발에 적합 하도록 설계 하였으므로 보다 많은 유전 연산 방법을 적용할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz and Xudong Wang, " A Survey on Wireless Mesh Networks", IEEE Radio Communications, pp. 23-30, September 2005.
- [2] Jian Tang, Guoliang Xue and Weiyi Zhang, "Interference-Aware Topology Control and QoS Routing in Multi-Channel Wireless Mesh Networks", pp. 68-77, MobiHoc'05
- [3] Richard Draves, Jitendra Padhyem Brian Zill, "Comparison of Routing Metrics for Static Multi-Hop Wireless Networks", pp. 80-91, SIGCOMM'04.
- [4] Marc Mosko, J.J Garcia-Luna-Aceves, "Multipath Routing in Wireless Networks", pp. 80-91 SIGCOMM'04.
- [5] Rastin Pries, "A Genetic approach for wireless Mesh Network Planning and Optimization", IWCMc '09, 2009.
- [6] L. Badia, A. Botta, and L. Lenzi, "A Genetic Approach to joint routing and link scheduling for wireless mesh networks", Elsevier Ad Hoc Networks Journal, Special issue on Bio-Inspired Computing, 2008.
- [7] Y.Chen, T. Yu, K. Sastry, and D. Goldberg, "A survey of linkage learning techniques in genetic and evolutionary algorithms", IlliGAL Report No. 2007014, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2007.

[저 자 소 개]



윤창표 (Chang-Pyo Yoon)

1998년 광운대학교
전자계산학과(이학사)
2001년 광운대학교
컴퓨터과학과(이학석사)
2008년 ~ 현재 광운대학교
컴퓨터과학과
(공학박사 재학중)
email : cpyoon@kw.ac.kr



유황빈 (Hwang-bin Ryou)

1968년 인하대학교
전자공학과(학사)
1975년 연세대학교
전자공학과(공학석사)
1984년 경희대학교
전자공학과(공학박사)
1981년 ~ 현재 광운대학교
컴퓨터소프트웨어학과교수
email : ryou@kw.ac.kr



신효영 (Hyo-young Shin)

1986년 광운대학교
전자계산학과(이학사)
1988년 광운대학교
전자계산학과(이학석사)
1998년 광운대학교
전자계산학과(이학박사)
1988년~1993년 (주)LG소프트
연구원
1994년~현재 경북대학 컴퓨터정보과
부교수
email : hyshin@kyungbok.ac.kr